



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

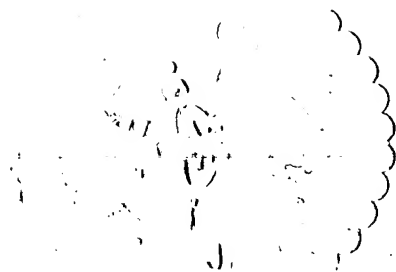
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 9 0 9 6
Application Number:

[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 9 0 9 6]

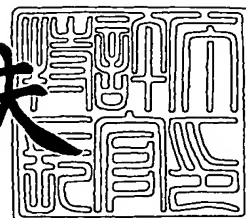
出 願 人 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロ
Applicant(s): ジー・カンパニー・エルエルシー



2 0 0 3 年 8 月 2 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 9 5 2 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 16NM02173

【提出日】 平成15年 2月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 5/055

【発明の名称】 渦電流補正方法および磁気共鳴撮影装置

【請求項の数】 16

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市旭が丘四丁目 7 番地の 1 2 7 ジーイー横
河メディカルシステム株式会社内

【氏名】 植竹 望

【特許出願人】

【識別番号】 300019238

【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テク
ノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100085187

【弁理士】

【氏名又は名称】 井島 藤治

【選任した代理人】

【識別番号】 100090424

【弁理士】

【氏名又は名称】 鮫島 信重

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0005611

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 渦電流補正方法および磁気共鳴撮影装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算し、
計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて勾配磁場の補正を行い、

計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて勾配磁場の補正を行う、
ことを特徴とする渦電流補正方法。

【請求項 2】 前記上限値は勾配電源が出力可能な補正値の最大値である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 3】 前記最良の勾配磁場は台形波の頂部の平坦部分の長さが最も長い勾配磁場である、
ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 4】 前記最良の勾配磁場は波形の面積が理想状態における勾配磁場の波形の面積との差が最も小さい勾配磁場である、
ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 5】 前記複数の補正候補値は前記計算値を順次低減することによって得る、
ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のうちのいずれか 1 つに記載の渦電流補正方法。

【請求項 6】 前記低減の階差は一定である、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 7】 前記補正候補値は予め定められた下限値を下回らない、
ことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 8】 最良の勾配磁場が得られないときは前記下限値を用いて補正を行う、
ことを特徴とする請求項 7 に記載の渦電流補正方法。

【請求項 9】 静磁場発生手段、勾配磁場発生手段および R F 磁場発生手段がそれぞれ発生する静磁場、勾配磁場および R F 磁場を撮影の対象に印加して獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像生成手段により画像を生成する磁気共鳴撮影装置であって、

前記勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算する計算手段と、

計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて前記勾配磁場の補正を行い、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて前記勾配磁場の補正を行う補正手段と、
を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置。

【請求項 10】 前記上限値は前記勾配磁場発生手段が出力可能な補正値の最大値である、
ことを特徴とする請求項 9 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 11】 前記最良の勾配磁場は台形波の頂部の平坦部分の長さが最も長い勾配磁場である、
ことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 12】 前記最良の勾配磁場は波形の面積が理想状態における勾配磁場の波形の面積との差が最も小さい勾配磁場である、
ことを特徴とする請求項 9 または請求項 10 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 13】 前記複数の補正候補値は前記計算値を順次低減することによって得る、
ことを特徴とする請求項 9 ないし請求項 12 のうちのいずれか 1 つに記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 14】 前記低減の階差は一定である、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 15】 前記補正候補値は予め定められた下限値を下回らない、
ことを特徴とする請求項 13 または請求項 14 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【請求項 16】 前記補正手段は、最良の勾配磁場が得られないときは前記

下限値を用いて補正を行う、
ことを特徴とする請求項 1 5 に記載の磁気共鳴撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、渦電流補正方法および磁気共鳴撮影装置に関し、とくに、勾配磁場への渦電流の影響を補正する方法、および、渦電流補正手段を備えた磁気共鳴撮影装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

磁気共鳴撮影装置では、勾配磁場発生装置が発生する勾配磁場への渦電流の影響を補正するために、勾配磁場信号に補正信号が付加される（例えば、特許文献 1 参照）。短時定数の渦電流を補正するための補正信号の付加は、プリエンファシス（p r e - e m p h a s i s）とも呼ばれる。これは、渦電流の影響により実効的な勾配磁場の波形が鈍るのを見込んで、予め波形を強調しておくことに由来する。

【0 0 0 3】

【特許文献 1】

特開平 4 - 2 2 3 3 8 号公報（第 3， 4 頁、第 2， 3 図）

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

勾配電源の出力限界等により、所要のプリエンファシスが行えない場合があり、そのような場合は渦電流補正を正しく行うことができない。

【0 0 0 5】

そこで、本発明の課題は、限られた出力範囲内で最良の渦電流補正を行う方法、および、そのような渦電流補正手段を備えた磁気共鳴撮影装置を実現することである。

【0 0 0 6】

【課題を解決するための手段】

(1) 上記の課題を解決するためのひとつの観点での発明は、勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算し、計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて勾配磁場の補正を行い、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて勾配磁場の補正を行う、ことを特徴とする渦電流補正方法である。

【0007】

(2) 上記の課題を解決するため他の観点での発明は、静磁場発生手段、勾配磁場発生手段およびRF磁場発生手段がそれぞれ発生する静磁場、勾配磁場およびRF磁場を撮影の対象に印加して獲得した磁気共鳴信号に基づいて画像生成手段により画像を生成する磁気共鳴撮影装置であって、前記勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算する計算手段と、計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて前記勾配磁場の補正を行い、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて前記勾配磁場の補正を行う補正手段と、を具備することを特徴とする磁気共鳴撮影装置である。

【0008】

上記各観点での発明では、勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算し、計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて勾配磁場の補正を行い、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて勾配磁場の補正を行うようにしたので、限られた出力範囲内で最良の渦電流補正を行うことができる。

【0009】

前記上限値は勾配電源が出力可能な補正値の最大値であることが、渦電流補正を勾配電源の能力を最大限に利用する点で好ましい。前記最良の勾配磁場は台形

波の頂部の平坦部分の長さが最も長い勾配磁場であることが、最良の台形波勾配磁場を得る点で好ましい。前記最良の勾配磁場は波形の面積が理想状態における勾配磁場の波形の面積との差が最も小さい勾配磁場であることが、理想状態における勾配磁場に最も近い勾配磁場を得る点で好ましい。

【0010】

前記複数の補正候補値は前記計算値を順次低減することによって得ることが、適切な候補値を得る点で好ましい。前記低減の階差は一定であることが、候補値が得やすい点で好ましい。前記補正候補値は予め定められた下限値を下回らないことが、候補値の低減に歯止めをかける点で好ましい。最良の勾配磁場が得られないときは前記下限値を用いて補正を行うことが、最小の補正による渦電流補正を行う点で好ましい。

【0011】

なお、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、シミュレーションを通じて決定した補正值を用いる代わりに、予め経験的に確定している補正值を用いるようにしてもよい。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に磁気共鳴撮影装置のブロック（block）図を示す。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0013】

同図に示すように、本装置はマグネットシステム（magnet system）100を有する。マグネットシステム100は主磁場コイル（coil）部102、勾配コイル部106およびRFコイル部108を有する。これら各コイル部は概ね円筒状の形状を有し、互いに同軸的に配置されている。マグネットシステム100の概ね円柱状の内部空間（ボア：bore）に、撮影の対象1がクレードル（cradle）500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入お

よび搬出される。

【0014】

主磁場コイル部102はマグネットシステム100の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象1の体軸の方向に平行である。すなわちいわゆる水平磁場を形成する。主磁場コイル部102は例えば超伝導コイルを用いて構成される。なお、超伝導コイルに限らず常伝導コイル等を用いて構成してもよい。

【0015】

勾配コイル部106は、互いに垂直な3軸すなわちスライス (s l i c e) 軸、位相軸および周波数軸の方向において、それぞれ静磁場強度に勾配を持たせるための3つの勾配磁場を生じる。勾配コイル部106が発生する勾配磁場については、渦電流補正が行われている。渦電流補正については、後にあらためて説明する。

【0016】

静磁場空間における互いに垂直な座標軸を x , y , z としたとき、いずれの軸もスライス軸とすることができる。その場合、残り2軸のうち的一方を位相軸とし、他方を周波数軸とする。また、スライス軸、位相軸および周波数軸は、相互間の垂直性を保ったまま x , y , z 軸に関して任意の傾きを持たせることも可能である。これはオブリーク (o b l i q u e) とも呼ばれる。なお、本装置では対象1の体軸の方向を z 軸方向とする。

【0017】

スライス軸方向の勾配磁場をスライス勾配磁場ともいう。位相軸方向の勾配磁場を位相エンコード (e n c o d e) 勾配磁場またはフェーズエンコード (p h a s e e n c o d e) 勾配磁場ともいう。周波数軸方向の勾配磁場をリードアウト (r e a d o u t) 勾配磁場ともいう。リードアウト勾配磁場は周波数エンコード勾配磁場と同義である。このような勾配磁場の発生を可能にするために、勾配コイル部106は図示しない3系統の勾配コイルを有する。以下、勾配磁場を単に勾配ともいう。

【0018】

R F コイル部108は静磁場空間に対象1の体内のスピン (s p i n) を励起

するための高周波磁場を形成する。以下、高周波磁場を形成することをRF励起信号の送信ともいう。また、RF励起信号をRFパルス (pulse) ともいう。励起されたスピンの生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号は、RFコイル部108によって受信される。

【0019】

磁気共鳴信号は、周波数ドメイン (domain) すなわちフーリエ (Fourier) 空間の信号となる。位相軸方向および周波数軸方向の勾配により、磁気共鳴信号のエンコードを2軸で行うので、磁気共鳴信号は2次元フーリエ空間における信号として得られる。フェーズエンコード勾配およびリードアウト勾配は、2次元フーリエ空間における信号のサンプリング位置を決定する。以下、2次元フーリエ空間をkスペース (k-space) ともいう。

【0020】

勾配コイル部106には勾配駆動部130が接続されている。勾配駆動部130は勾配コイル部106に駆動信号を与えて勾配磁場を発生させる。勾配駆動部130は、勾配コイル部106における3系統の勾配コイルに対応して、図示しない3系統の駆動回路を有する。

【0021】

RFコイル部108にはRF駆動部140が接続されている。RF駆動部140はRFコイル部108に駆動信号を与えてRFパルスを送信し、対象1の体内のスピンを励起する。

【0022】

主磁場コイル部102は、本発明における静磁場発生手段の実施の形態の一例である。勾配コイル部106および勾配駆動部130からなる部分は、本発明における勾配磁場発生手段の実施の形態の一例である。RFコイル部108およびRF駆動部140からなる部分は、本発明におけるRF磁場発生手段の実施の形態の一例である。

【0023】

RFコイル部108にはデータ収集部150が接続されている。データ収集部150は、RFコイル部108が受信した受信信号をデジタルデータ (digital)

ital data) として収集する。

【0024】

勾配駆動部130、RF駆動部140およびデータ収集部150にはシーケンス(sequence)制御部160が接続されている。シーケンス制御部160は、勾配駆動部130ないしデータ収集部150をそれぞれ制御して磁気共鳴信号の収集を遂行する。

【0025】

シーケンス制御部160は、例えばコンピュータ(computer)等を用いて構成される。シーケンス制御部160は図示しないメモリ(memory)を有する。メモリはシーケンス制御部160用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。シーケンス制御部160の機能は、コンピュータがメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0026】

データ収集部150の出力側はデータ処理部170に接続されている。データ収集部150が収集したデータがデータ処理部170に入力される。データ処理部170は、例えばコンピュータ等を用いて構成される。データ処理部170は図示しないメモリを有する。メモリはデータ処理部170用のプログラムおよび各種のデータを記憶している。

【0027】

データ処理部170はシーケンス制御部160に接続されている。データ処理部170はシーケンス制御部160の上位にあつてそれを統括する。本装置の機能は、データ処理部170がメモリに記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

【0028】

データ処理部170は、データ収集部150が収集したデータをメモリに記憶する。メモリ内にはデータ空間が形成される。このデータ空間はk空間に対応する。データ処理部170は、k空間のデータを2次元逆フーリエ変換することにより画像を再構成する。データ処理部170は、本発明における画像生成手段の実施の形態の一例である。

【0029】

データ処理部170には表示部180および操作部190が接続されている。表示部180は、グラフィックディスプレイ（graphic display）等で構成される。操作部190はポインティングデバイス（pointing device）を備えたキーボード（keyboard）等で構成される。

【0030】

表示部180は、データ処理部170から出力される再構成画像および各種の情報を表示する。操作部190は、使用者によって操作され、各種の指令や情報等をデータ処理部170に入力する。使用者は表示部180および操作部190を通じてインタラクティブ（interactive）に本装置を操作する。

【0031】

図2に、他の方式の磁気共鳴撮影装置のブロック図を示す。同図に示す磁気共鳴撮影装置は、本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0032】

本装置は、図1に示した装置とは方式を異にするマグネットシステム100'を有する。マグネットシステム100'以外は図1に示した装置と同様な構成になっており、同様な部分は同一の符号を付して説明を省略する。

【0033】

マグネットシステム100'は主磁場マグネット部102'、勾配コイル部106'およびRFコイル部108'を有する。これら主磁場マグネット部102'および各コイル部は、いずれも空間を挟んで互いに対向する1対のものからなる。また、いずれも概ね円盤状の形状を有し中心軸を共有して配置されている。マグネットシステム100'の内部空間（ボア）に、対象1がクレードル500に搭載されて図示しない搬送手段により搬入および搬出される。

【0034】

主磁場マグネット部102'はマグネットシステム100'の内部空間に静磁場を形成する。静磁場の方向は概ね対象1の体軸方向と直交する。すなわちいわ

ゆる垂直磁場を形成する。主磁場マグネット部 102' は例えば永久磁石等を用いて構成される。なお、永久磁石に限らず超伝導電磁石あるいは常伝導電磁石等を用いて構成してもよい。

【0035】

勾配コイル部 106' は、互いに垂直な 3 軸すなわちスライス軸、位相軸および周波数軸の方向において、それぞれ静磁場強度に勾配を持たせるための 3 つの勾配磁場を生じる。勾配コイル部 106' が発生する勾配磁場については、渦電流補正が行われている。渦電流補正については、後にあらためて説明する。

【0036】

静磁場空間における互いに垂直な座標軸を x , y , z としたとき、いずれの軸もスライス軸とすることができる。その場合、残り 2 軸のうちの一方を位相軸とし、他方を周波数軸とする。また、スライス軸、位相軸および周波数軸は、相互間の垂直性を保ったまま x , y , z 軸に関して任意の傾きを持たせること、すなわちオブリークが可能である。本装置でも対象 1 の体軸の方向を z 軸方向とする。3 軸方向の勾配磁場の発生を可能にするために、勾配コイル部 106' は図示しない 3 系統の勾配コイルを有する。

【0037】

R F コイル部 108' は静磁場空間に対象 1 の体内のスピンを励起するための R F パルスを送信する。励起されたスピが生じる電磁波すなわち磁気共鳴信号は、R F コイル部 108' によって受信される。R F コイル部 108' の受信信号がデータ収集部 150 に入力される。

【0038】

主磁場マグネット部 102' は、本発明における静磁場発生手段の実施の形態の一例である。勾配コイル部 106' および勾配駆動部 130 からなる部分は、本発明における勾配磁場発生手段の実施の形態の一例である。R F コイル部 108' および R F 駆動部 140 からなる部分は、本発明における R F 磁場発生手段の実施の形態の一例である。

【0039】

図 3 に、磁気共鳴撮影に用いるパルスシーケンス (p u l s e s e q u e n

c e) の一例を示す。このパルスシーケンスは、スピネコー (S E : S p i n E c h o) 法のパルスシーケンスである。

【0040】

すなわち、(1) は S E 法における R F 励起用の 90° パルスおよび 180° パルスのシーケンスであり、(2)、(3)、(4) および (5) は、同じくそれぞれ、スライス勾配 G_s 、リードアウト勾配 G_r 、フェーズエンコード勾配 G_p およびスピネコー MR のシーケンスである。なお、 90° パルスおよび 180° パルスはそれぞれ中心信号で代表する。パルスシーケンスは時間軸 t に沿って左から右に進行する。

【0041】

同図に示すように、 90° パルスによりスピンの 90° 励起が行われる。このときスライス勾配 G_s が印加され所定のスライスについての選択励起が行われる。 90° 励起から所定の時間後に、 180° パルスによる 180° 励起すなわちスピン反転が行われる。このときもスライス勾配 G_s が印加され、同じスライスについての選択的反転が行われる。

【0042】

90° 励起とスピン反転の間の期間に、リードアウト勾配 G_r およびフェーズエンコード勾配 G_p が印加される。リードアウト勾配 G_r によりスピンのデフーズ (d e p h a s e) が行われる。フェーズエンコード勾配 G_p によりスピンのフェーズエンコードが行われる。

【0043】

スピン反転後、リードアウト勾配 G_r でスピンをリフェーズ (r e p h a s e) してスピネコー MR を発生させる。スピネコー MR はデータ収集部 150 によりビューデータ (v i e w d a t a) として収集される。このようなパルスシーケンスが周期 T R (r e p e t i t i o n t i m e) で 64 ~ 512 回繰り返される。繰り返しのたびにフェーズエンコード勾配 G_p を変更し、毎回異なるフェーズエンコードを行う。これによって、64 ~ 512 ビューのビューデータが得られる。

【0044】

磁気共鳴撮影用パルスシーケンスの他の例を図4に示す。このパルスシーケンスは、グラディエントエコー（GRE: Gradient Echo）法のパルスシーケンスである。

【0045】

すなわち、(1)はGRE法におけるRF励起用の α° パルスのシーケンスであり、(2)、(3)、(4)および(5)は、同じくそれぞれ、スライス勾配 G_s 、リードアウト勾配 G_r 、フェーズエンコード勾配 G_p およびグラディエントエコーMRのシーケンスである。なお、 α° パルスは中心信号で代表する。パルスシーケンスは時間軸 t に沿って左から右に進行する。

【0046】

同図に示すように、 α° パルスによりスピンの α° 励起が行われる。 α は90以下である。このときスライス勾配 G_s が印加され所定のスライスについての選択励起が行われる。

【0047】

α° 励起後、フェーズエンコード勾配 G_p によりスピンのフェーズエンコードが行われる。次に、リードアウト勾配 G_r によりまずスピンをデフェーズし、次いでスピンをリフェーズして、グラディエントエコーMRを発生させる。グラディエントエコーMRはデータ収集部150によりビューデータとして収集される。このようなパルスシーケンスが周期TRで64～512回繰り返される。繰り返しのたびにフェーズエンコード勾配 G_p を変更し、毎回異なるフェーズエンコードを行う。これによって、64～512ビューのビューデータが得られる。

【0048】

図3または図4のパルスシーケンスによって得られたビューデータが、データ処理部170のメモリに収集される。なお、パルスシーケンスはSE法またはGRE法に限るものではなく、例えばファーストスピンエコー（FSE: Fast Spin Echo）法やエコープラナーイメージング（EPI: Echo Planar Imaging）等、他の適宜の技法のものであってよいのはいうまでもない。データ処理部170は、メモリに収集したビューデータに基づいて画像を再構成する。

【0049】

図5に、渦電流補正用の補正値を決定するときの、本装置の動作のフロー（flow）図を示す。補正値の決定は、スキャンを行う前に行われる。同図に示すように、ステップ（step）501で、短時定数の渦電流を測定することが行われる。これによって、マグネットシステム100（100'）について、勾配磁場発生に伴う短時定数の渦電流が測定される。次に、ステップ503で、短時定数の渦電流を解析することが行われる。これによって、測定した短時定数渦電流の解析が行われる。次に、ステップ505で、補正値 A_c を計算することが行われる。すなわち、短時定数渦電流の解析結果に基づいて、短時定数渦電流補正用の補正値 A_c すなわちプリアンファシス値が計算される。以上のような渦電流の測定、解析および補正値の計算は、この技術分野においてよく知られている。以下、短時定数渦電流を単に渦電流ともいう。

【0050】

次に、ステップ507で、 $A_c > A_{max}$ であるか否かが判定される。 A_{max} は予め定められた上限値である。上限値 A_{max} は、例えば、勾配電源すなわち勾配駆動部130が出力可能な補正値の最大振幅とされる。これによって、勾配駆動部130の能力を最大限に利用することができる。なお、 A_{max} は勾配駆動部130が出力可能な範囲で適宜に設定してよい。

【0051】

$A_c > A_{max}$ でない場合は、ステップ521で、 $A_{c_final} = A_c$ とされる。 A_{c_final} は確定補正値である。次に、ステップ525で、 A_{c_final} を短時定数渦電流の補正値として採用することが行われる。これによって、計算によって求められた補正値 A_c が渦電流補正用の補正値と決定される。 $A_c > A_{max}$ でないので、この補正値 A_c は勾配駆動部130が出力可能である。

【0052】

$A_c > A_{max}$ である場合は、ステップ509で、 $A_c = A_c - \Delta amp$ とされる。すなわち、 A_c を Δamp だけ低減することが行われる。 Δamp は予め定められた一定値である。これによって、計算

値より小さい補正候補値が得られる。

【0053】

次に、ステップ511で、 $A_c > A_{max}$ であるか否かが判定される。 $A_c > A_{max}$ である場合はステップ509に戻って A_c の低減が行われる。 $A_c > A_{max}$ である間はこれが繰り返される。

【0054】

$A_c > A_{max}$ でない場合は、ステップ513で、 A_c を用いて、渦電流の影響を受けた勾配磁場をシミュレーション (simulation) することが行われる。すなわち、 A_c によってプリアンファシスされた勾配磁場、この勾配磁場によって発生する渦電流、および、この渦電流の影響を受けた勾配磁場をシミュレーションする。以下、渦電流の影響を受けた勾配磁場を実効的な勾配磁場ともいう。なお、勾配磁場の波形は矩形波ないし台形波である。

【0055】

次に、ステップ515で、勾配磁場波形のフラットトップ (flat top) の時間長 T_f を記憶することが行われる。フラットトップの時間長 T_f の記憶は実効的な勾配磁場の波形について行われる。なお、フラットトップとは矩形波ないし台形波の頂上の平坦部のことである。振幅およびパル幅を一定としたとき、矩形波ないし台形波では、フラットトップの時間長が長いほどスピンに対する勾配磁場の作用効率が低い。

【0056】

次に、ステップ517で、 $A_c \leq A_limit$ であるか否かが判定される。 A_limit は予め定められた下限値である。下限値 A_limit としては、例えば経験等に基づいて適宜の値が定められている。

【0057】

$A_c \leq A_limit$ でない場合は、ステップ509に戻って $A_c = A_c - \Delta A$ とし、新たな A_c についてステップ511～515の処理を行う。 $A_c \leq A_limit$ でない間はこのような処理が繰り返される。これによって、順次値を低減させた A_c の各々について、実効的な勾配磁場がシミュレーションされ、そのフラットトップの時間長 T_f がそれぞれ記憶される。

【0058】

このように、補正候補値を計算値からの漸減によって生成するので、候補値として適切なものを得ることができる。また、漸減の階差を一定としたので、補正候補値の生成は容易である。なお、複数の補正候補値は A_{max} と A_{limit} の間の互いに異なる適宜の値としてよい。

【0059】

$A_c \leq A_{limit}$ となったときは、ステップ 519 で、 T_f が最長となる A_c があるか否かが判定される。そして、そのような A_c があるときは、ステップ 521 で、 $A_{c_final} = A_c$ とされ、ステップ 525 で、 A_{c_final} が短時定数渦電流の補正值として採用される。このように、 $A_c \leq A_{limit}$ となったときは A_c の低減を止めるので、低減に歯止めをかけることができる。

【0060】

以上のようにして、 T_f を最長にする A_c が A_{c_final} とされる。 T_f が最長の勾配磁場は相対的に最も効率が高いものであるから、これによって、相対的に最良の勾配磁場を得るための補正值が確定する。

【0061】

なお、 T_f が最長となる A_c がないときは、ステップ 523 で、 $A_{c_final} = A_{c_limit}$ とされる。これによって、相対的に最良の勾配磁場を得るための補正值がないときは、補正值の下限值 A_{c_limit} が確定補正值とされる。これによって、一番小さな補正值による渦電流補正を行うことができる。

【0062】

図 6 に、渦電流補正用の補正值を決定するときの、本装置の他の動作のフロー図を示す。同図において、図 5 に示した処理と同様な処理は同一の符号を付して説明を省略する。図 5 との相違は、ステップ 515' および 519' にある。ステップ 515' では、シミュレーションした勾配磁場波形の面積 S を記憶することが行われる。ステップ 519' では、理想値に対する S の相違が最小となる A_c があるか否かを判定することが行われる。

【0063】

Sの理想値は、渦電流の影響を全く受けない理想的な勾配磁場の面積としてある。勾配磁場の効果は波形の面積によって定まるから、理想値に対するSの相違が最小となる勾配磁場は、理想的な勾配磁場に最も近い勾配磁場であり、したがって、相対的に最良の勾配磁場である。

【0064】

そのようなAcがあるときは、ステップ521、525での処理により、そのAcが短時定数渦電流の補正值として採用される。波形の面積Sを利用したので、矩形波や台形波に限らずあらゆる波形の勾配磁場について補正值を決定することが可能になる。

【0065】

以上のような補正值決定が、各軸の勾配についてそれぞれ行われる。各軸における補正值の決定は、個々の勾配パルスごとに行うようにしてもよい。なお、補正值は、上記のようにシミュレーションによって決定する代わりに、 $A_c > A_{max}$ の時は経験的な値を採用するようにしてもよい。

【0066】

本装置のスキャン実行時には、上記のようにして決定された補正值に基づく勾配磁場の補正（プリエンファシス）により、渦電流補正が行われる。これによって、勾配駆動部130の出力範囲内で最良の渦電流補正を行うことができ、品質の良い撮影を行うことができる。

【0067】

図7に、渦電流補正に着目した本装置の機能ブロック図を示す。同図に示すように、本装置は計算部702、補正部704および勾配磁場発生部706を有する。計算部702は、図5または図6に示したステップ501～505の機能を有する。補正部704は、図5または図6に示したステップ507～525の機能を有する。勾配磁場発生部706は、図1または図2に示したマグネットシステム100または100'および勾配駆動部130の機能を有する。

【0068】

計算部702は、本発明における計算手段の実施の形態の一例である。補正部

704 は、本発明における補正手段の実施の形態の一例である。勾配磁場発生部 706 は、本発明における勾配磁場発生手段の実施の形態の一例である。

【0069】

計算部 702 は、前述のように渦電流補正用の補正値を計算して補正部 704 に入力する。補正部 704 は、前述のように補正値を決定し、その補正値によって勾配磁場発生部 706 の勾配磁場を補正する。

【0070】

以上、好ましい実施の形態の例に基づいて本発明を説明したが、本発明が属する技術の分野における通常の知識を有する者は、上記の実施の形態の例について、本発明の技術的範囲を逸脱することなく種々の変更や置換等をなし得る。したがって、本発明の技術的範囲には、上記の実施の形態の例ばかりでなく、特許請求の範囲に属する全ての実施の形態が含まれる。

【0071】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、限られた出力範囲内で最良の渦電流補正を行う方法、および、そのような渦電流補正手段を備えた磁気共鳴撮影装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】

本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図3】

本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図4】

本発明の実施の形態の一例の装置が実行するパルスシーケンスの一例を示す図である。

【図5】

本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図 6】

本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図 7】

本発明の実施の形態の一例の装置の機能ブロック図である。

【符号の説明】

1 対象

1 0 0, 1 0 0' マグネットシステム

1 0 2 主磁場コイル部

1 0 2' 主磁場マグネット部

1 0 6, 1 0 6' 勾配コイル部

1 0 8, 1 0 8' R F コイル部

1 3 0 勾配駆動部

1 4 0 R F 駆動部

1 5 0 データ収集部

1 6 0 シーケンス制御部

1 7 0 データ処理部

1 8 0 表示部

1 9 0 操作部

5 0 0 クレードル

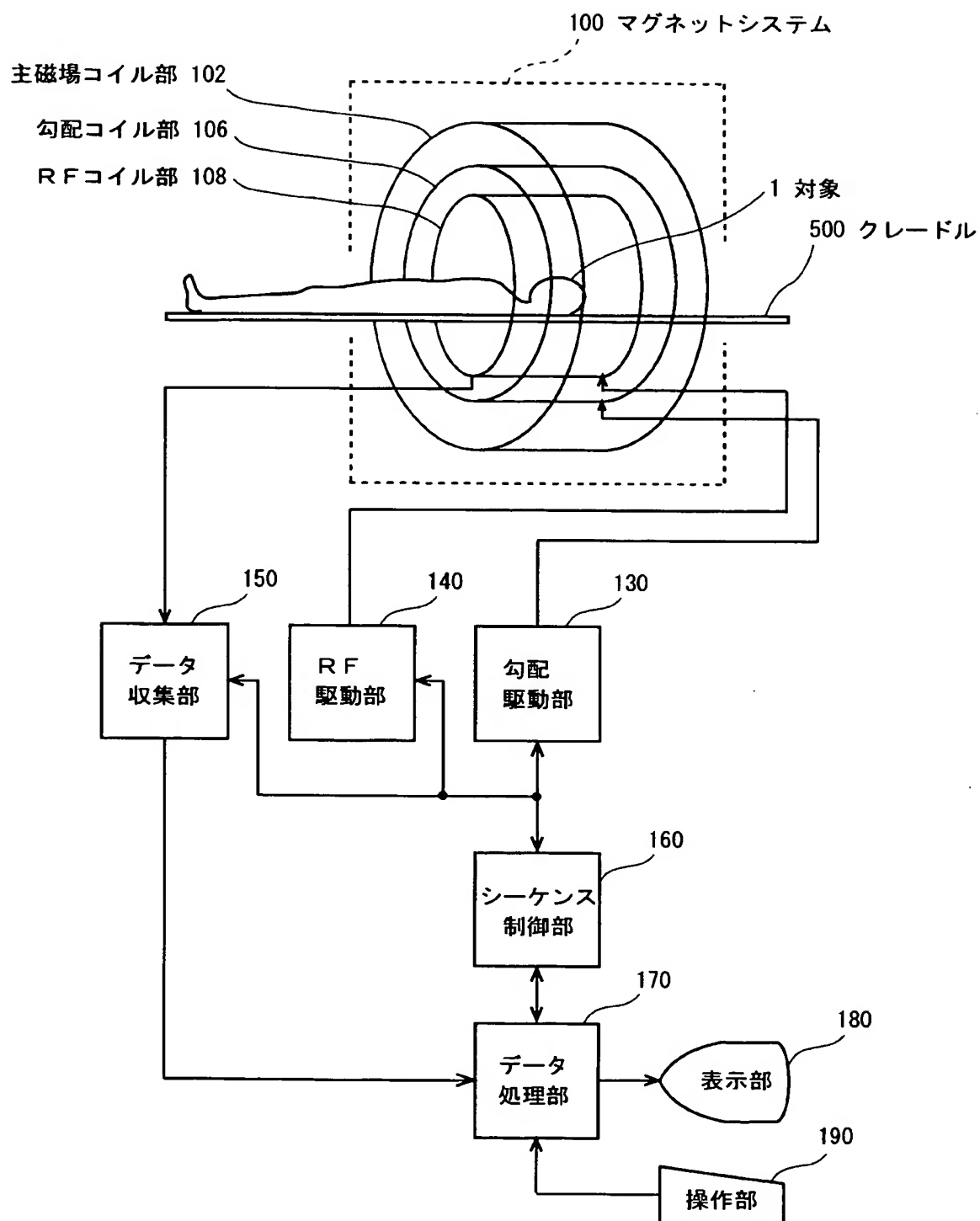
7 0 2 計算部

7 0 4 補正部

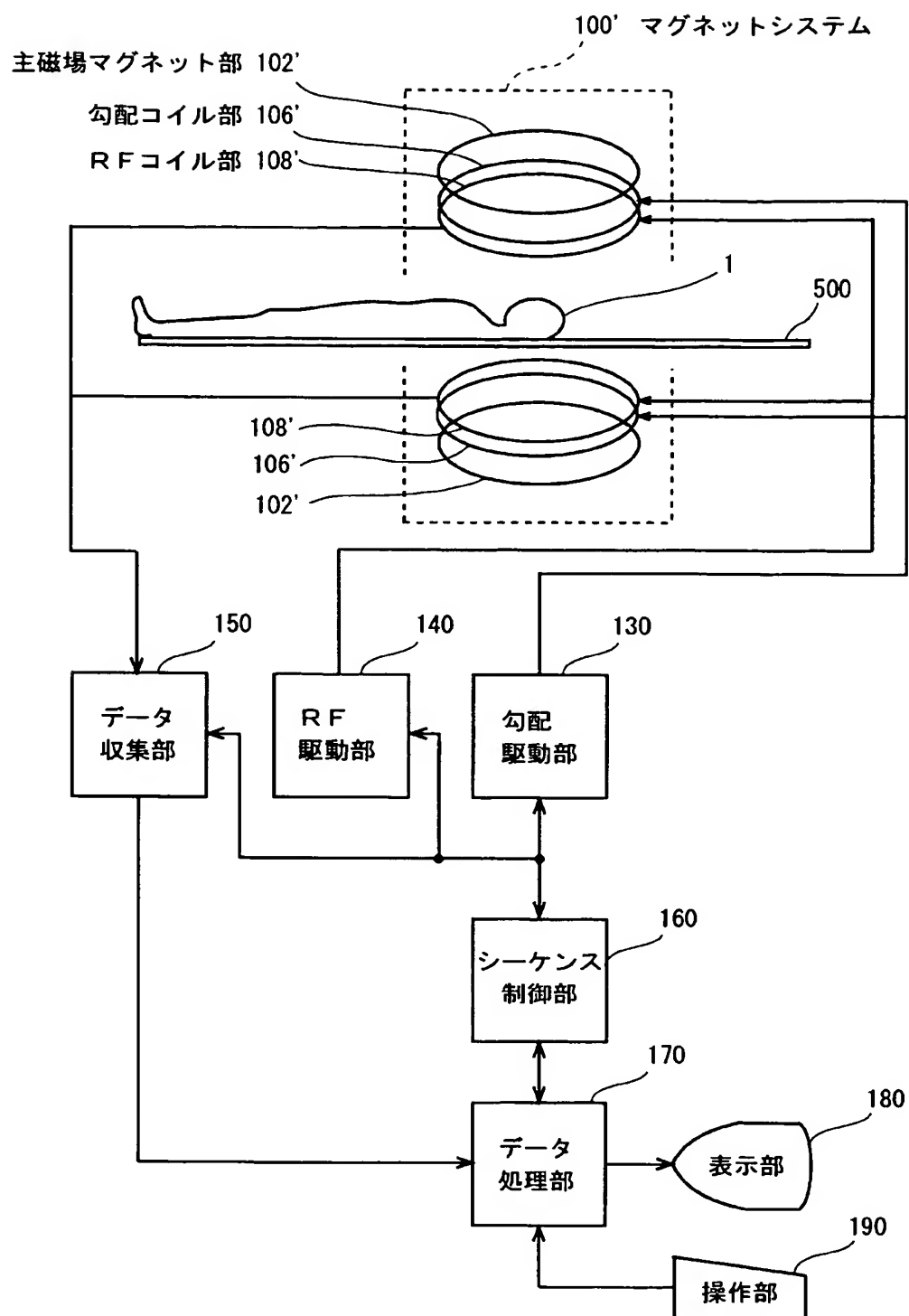
7 0 6 勾配磁場発生部

【書類名】 図面

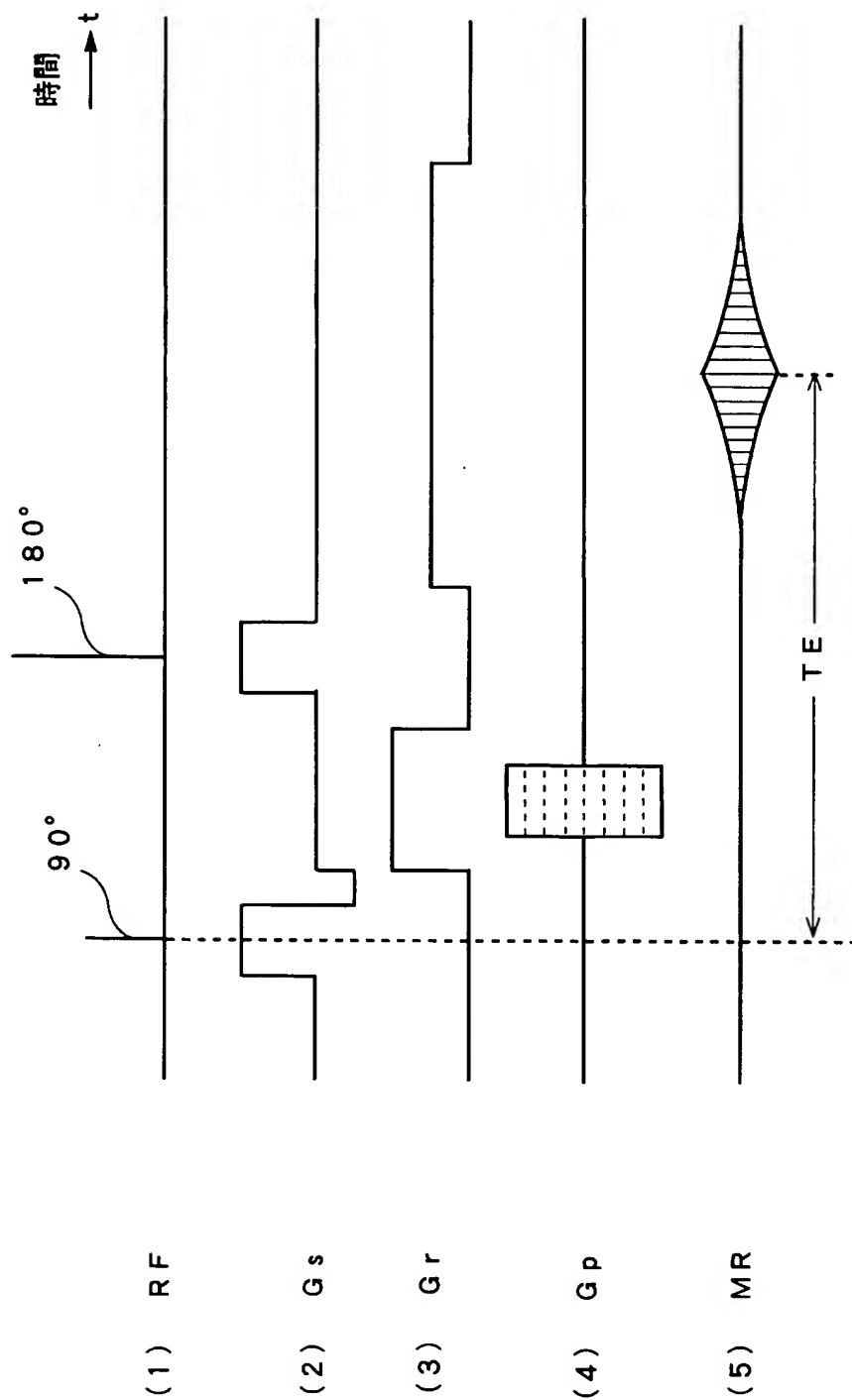
【図 1】



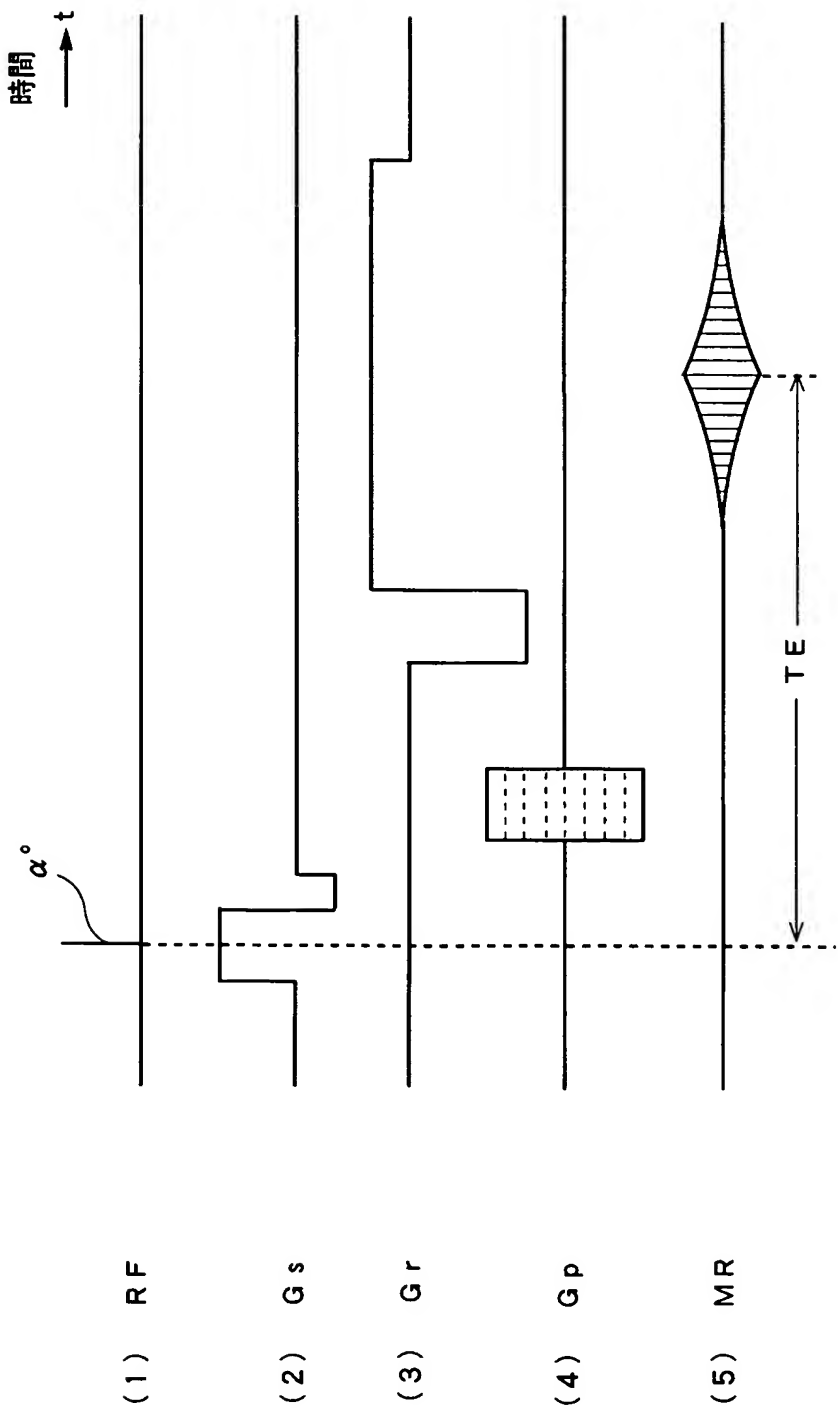
【図 2】



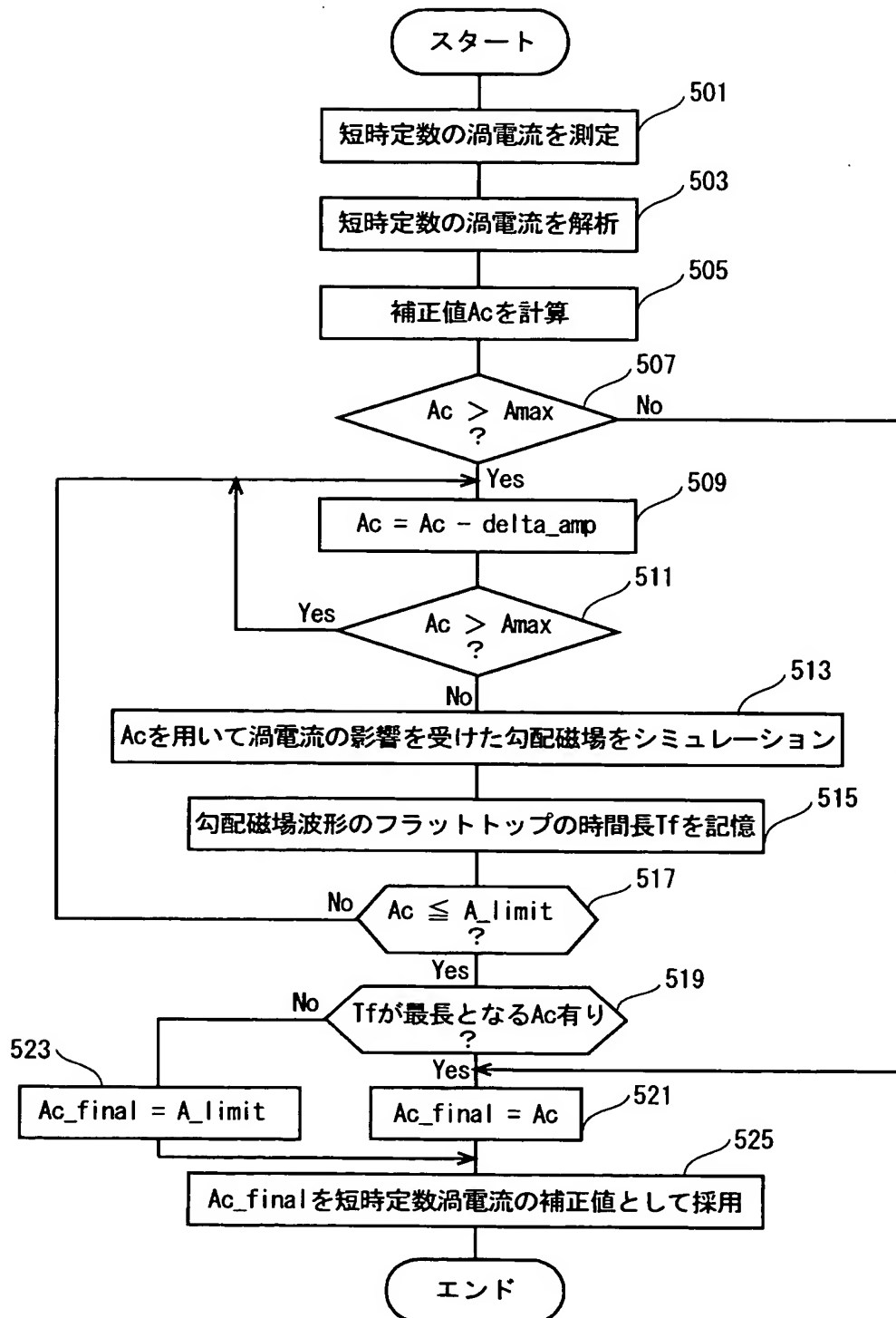
【図 3】



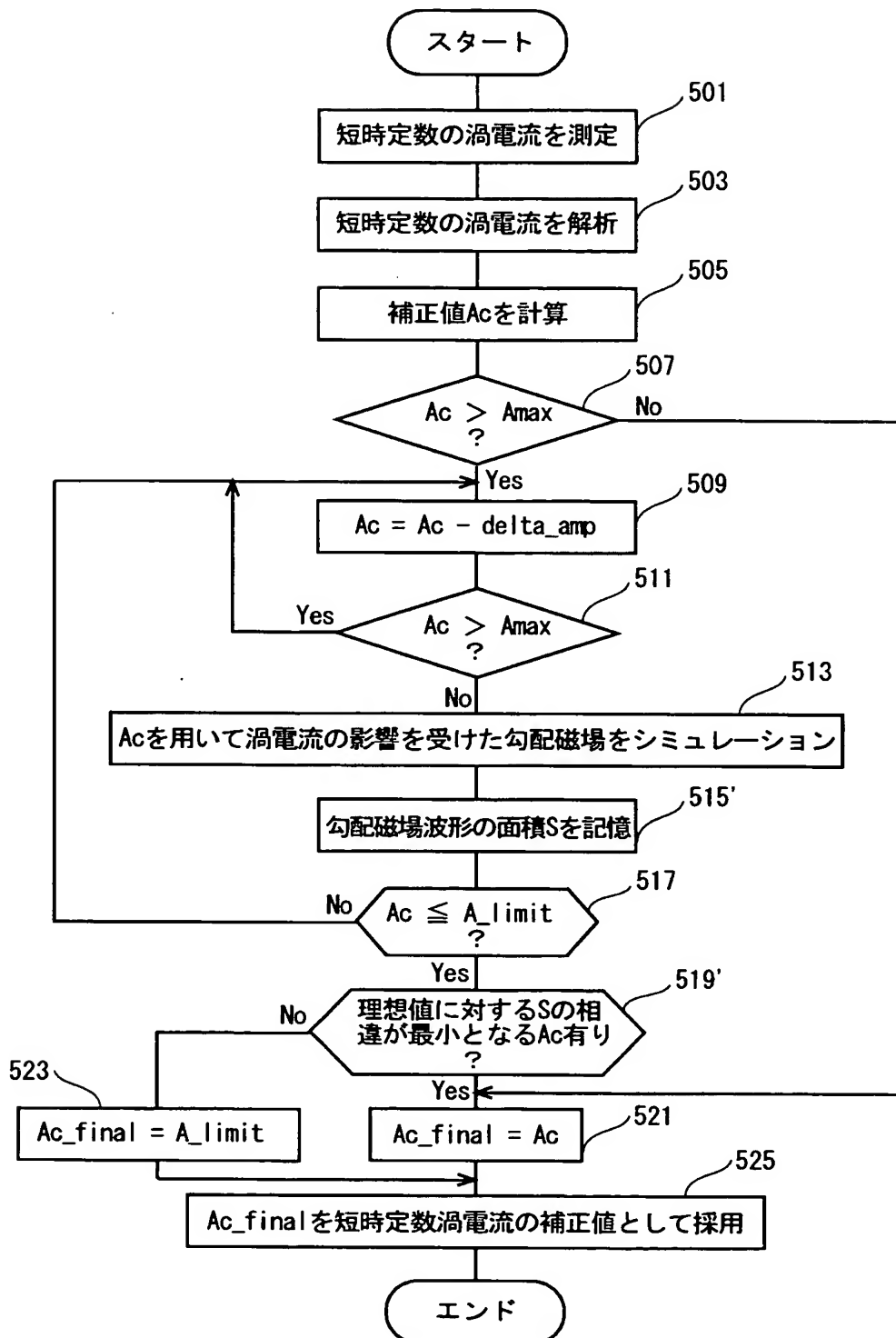
【図 4】



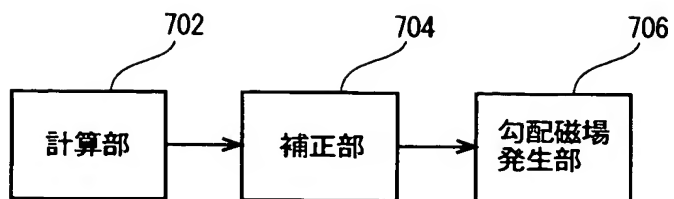
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 限られた出力範囲内で最良の渦電流補正を行う方法、および、そのような渦電流補正手段を備えた磁気共鳴撮影装置を実現する。

【解決手段】 勾配磁場について渦電流補正用の補正値を計算し（5 0 1～5 0 5）、計算値が予め定められた上限値を超えないときはその計算値を用いて勾配磁場の補正を行い（5 0 7, 5 2 1, 5 2 5）、計算値が予め定められた上限値を超えるときは、上限値以下の複数の補正候補値を用いて渦電流の影響を受けた複数の勾配磁場をシミュレーションし（5 0 7～5 1 7）、相対的に最良の勾配磁場が得られる補正候補値を用いて勾配磁場の補正を行う（5 1 9～5 2 5）。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 3 - 0 2 9 0 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 0 0 0 1 9 2 3 8]

1. 変更年月日 2 0 0 0 年 3 月 1 日
[変更理由] 新規登録
住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0
氏 名 ジーイー・メディカル・システム・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー
2. 変更年月日 2 0 0 0 年 3 月 1 5 日
[変更理由] 名称変更
住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3 1 8 8 ・ワウケシャ
・ノース・グランドヴュー・ブルバード・ダブリュー・7 1
0 ・3 0 0 0
氏 名 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー
・カンパニー・エルエルシー